Pêches et Océans Canada | Fisheries and Oceans Canada
Sciences des écosystèmes et des océans | Ecosystems and Oceans Science

Régions de Terre-Neuve-et-Labrador, Québec, du Golfe et des Maritimes

Secrétariat canadien de consultation scientifique
Avis scientifique 2017/031

CONDITIONS OCÉANOGRAPHIQUES DANS LA ZONE ATLANTIQUE EN 2016

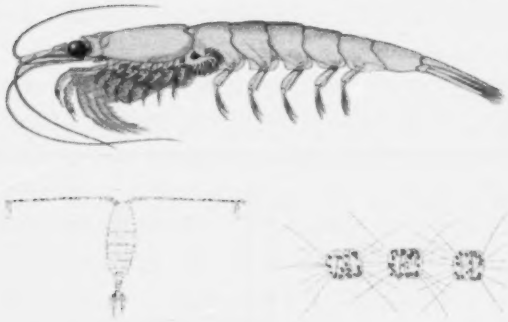

Figure 1. Taxons clés du réseau trophique pélagique : euphausiacés (dans le haut), phytoplancton (dans le coin inférieur droit) et copépodes (dans le coin inférieur gauche). Images : Pêches et Océans Canada

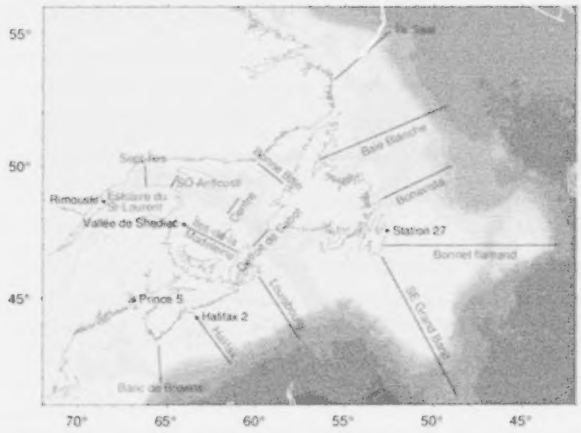

Figure 2. Stations d'échantillonnage à haute fréquence et lignes de sections sélectionnées du Programme de monitorage de la zone atlantique.

Contexte:

Mis en œuvre en 1998, le Programme de monitorage de la zone atlantique (PMZA) vise à accroître la capacité de Pêches et Océans Canada à comprendre, à décrire et à prévoir l'état de l'écosystème marin, de même qu'à quantifier les changements observés quant aux propriétés physiques, chimiques et biologiques de l'océan.

Une description des profils saisonniers de la répartition du phytoplancton (végétaux microscopiques) et du zooplancton (animaux microscopiques) fournit des renseignements importants sur les organismes qui constituent la base du réseau trophique marin. Or, pour appliquer une approche écosystémique à l'égard de l'évaluation des stocks et de la gestion des ressources marines, il est essentiel de comprendre les cycles de production du plancton et leur variabilité interannuelle.

SOMMAIRE

- Les températures de surface de la mer étaient au-dessus de la normale en hiver sur le Plateau néo-écossais et la baie de Fundy, avec plusieurs records de série atteints en mars et avril. Des records ont aussi eu lieu en novembre pour les régions du sud-ouest des Grands Bancs (3O), du banc de Saint-Pierre (3P), détroit de Cabot (4V), le golfe et l'estuaire du Saint-Laurent. Lorsque moyennée sur les mois habituellement libre de glace, les températures étaient près de la normale sur le Plateau de Terre-Neuve-et-Labrador et au-dessus de la normale ailleurs dans la zone. Les températures moyennes annuelles de 0 à 50 m aux stations d'échantillonnage à haute fréquence étaient au-dessus de la normale à toutes les stations du PMZA, incluant un niveau record de série à la station Rimouski.

- Le volume de glace moyenné sur toute la saison de glace était près de la normale sur le plateau de Terre-Neuve-et-Labrador, mais était le quatrième plus faible depuis le début des données en 1969 dans le golfe du Saint-Laurent. Conformément avec le couvert de glace hivernal, les conditions estivales de la couche intermédiaire froide étaient près de la normale sur le Plateau de Terre-Neuve-et-du-Labrador, ou à tout le moins pas fortement anormales, mais étaient fortement plus chaudes et minces que la normale dans le golfe du Saint-Laurent et le Plateau néo-écossais.
- Les températures au fond étaient généralement normales ou supérieures à la normale dans la zone, comprenant de très fortes anomalies sur le Plateau néo-écossais, un record de 33 ans dans 3Ps et un record centenaire dans les eaux profondes du nord du golfe du Saint-Laurent. La température au fond était à un niveau record de série à la station Rimouski.
- Les inventaires de sels nutritifs profonds ont démontré une hétérogénéité spatiale considérable et étaient presque normaux dans une grande partie de la zone atlantique, mais de fortes anomalies négatives se sont produites à la Station 27, ainsi que dans l'est du Plateau néo-écossais et dans la baie de Fundy. Le retour aux conditions normales représente un renversement de périodes d'inventaires peu élevés persistants sur le Plateau de Terre-Neuve-et-Labrador (7 ans) et des inventaires élevés dans une grande partie du golfe du Saint-Laurent (4 ans).
- Les inventaires annuels de chlorophylle étaient généralement inférieurs à la normale dans toute la zone, les anomalies négatives les plus fortes sont survenues sur le Plateau de Terre-Neuve-et-Labrador et dans le nord-ouest du golfe du Saint-Laurent.
- Le début de la floraison printanière du phytoplancton a été retardé sur le Plateau de Terre-Neuve-et-Labrador et était soit normal ou hâtif dans le golfe du Saint-Laurent et sur le Plateau néo-écossais; L'ampleur de la floraison était généralement inférieure à la normale à l'exception du golfe de Saint-Laurent où la floraison sur le Plateau madelinien était bien supérieure à la normale; La durée de la floraison était très variable, avec de courtes floraisons sur le Plateau de Terre-Neuve-et-Labrador, dans le nord du golfe du Saint-Laurent et sur le Plateau néo-écossais central, et des floraisons plus longues que la moyenne dans le sud du golfe du Saint-Laurent et sur l'est du Plateau néo-écossais.
- Le changement de communauté zooplanctonique observé ces dernières années a persisté en 2016, caractérisé par une abondance plus faible du copépode *Calanus finmarchicus* riche en énergie, des abondances plus élevées de petits copépodes et d'espèces d'eau et chaude, et une plus grande abondance de non-copépodes. Les anomalies négatives de *C. finmarchicus* les plus faibles se sont produites sur le Plateau néo-écossais alors que de fortes anomalies positives dans *Pseudocalanus* sp. et des non-copépodes ont eu lieu dans le golfe du Saint-Laurent et sur le Plateau de Terre-Neuve-et-Labrador.
- Au cours de l'hiver 2016, la mer du Labrador a connu la convection la plus profonde depuis 1994. C'était la quatrième année d'intensification progressive et d'approfondissement du mélange et de la production de l'eau de mer du Labrador depuis 2012. Les couches supérieures, 0 à 200 m, et profondes, 200-2000 m, ont refroidi depuis 2010. Le courant du Labrador s'est intensifié en 2016 par rapport aux quatre années précédentes. Bien que l'initiation et l'amplitude de la floraison printanière du phytoplancton aies été près de la normale, la durée plus longue et la plus grande ampleur sur le Plateau et dans le bassin du Labrador ont produit un inventaire de chlorophylle plus élevé que la normale. La variabilité interannuelle sur plusieurs décennies de la température et de la salinité dans la mer du

Labrador est dominée par des changements à l'échelle décennale rendant les tendances à long terme moins évidentes.

RENSEIGNEMENTS DE BASE

Mis en œuvre en 1998 (Therriault et al.1998), le PMZA vise à accroître la capacité de Pêches et Océans Canada à comprendre, à décrire et à prévoir l'état de l'écosystème marin, de même qu'à quantifier les changements observés quant aux propriétés physiques, chimiques et biologiques de l'océan. L'un des éléments essentiels du PMZA est l'évaluation annuelle des propriétés océanographiques physiques ainsi que de la répartition et de la variabilité des concentrations des sels nutritifs, du phytoplancton et du zooplancton.

Une description de la répartition spatio-temporelle des sels nutritifs dissous dans l'eau de mer (nitrates, silicates, phosphates) et de la concentration d'oxygène fournit des renseignements importants sur les mouvements des masses d'eau ainsi que sur la période et l'ampleur des cycles de production biologique, et sur les lieux où ils se manifestent. Une description de la répartition du phytoplancton et du zooplancton apporte quant à elle des renseignements importants sur les organismes qui forment la base du réseau trophique marin. Il est essentiel de comprendre les cycles de production du plancton pour appliquer une approche écosystémique à l'égard de l'évaluation des stocks et de la gestion des pêches.

L'information sur l'état de l'écosystème marin fournie par le PMZA est dérivée de données recueillies à partir d'un réseau de points d'échantillonnage (stations d'échantillonnage à haute fréquence, transects traversant le plateau continental, stations faites lors de relevés écosystémiques) dans chaque région (Québec, Maritimes, Golfe, Terre-Neuve-et-Labrador), qui sont échantillonnés à une fréquence allant d'à toutes les semaines jusqu'à une fois l'an (figure 1). Les paramètres échantillonnés visent à fournir des renseignements de base sur la variabilité naturelle des propriétés physiques, chimiques et biologiques du Plateau continental de l'Atlantique Nord-Ouest. Les relevés au chalut (écosystémiques) et l'échantillonnage sur des transects du plateau continental donnent des renseignements géographiques régionaux détaillés, dont la portée saisonnière est toutefois limitée. Des stations visitées régulièrement et qui sont placées dans des points stratégiques servent à compléter l'échantillonnage à grande échelle, en donnant des renseignements plus détaillés sur les changements temporels (saisonniers) observés quant aux propriétés de l'écosystème pélagique. Depuis 2015, l'évaluation annuelle des conditions océanographiques de la zone atlantique inclue les observations de la Mer du Labrador fournies par le Programme de monitorage hors du plateau de la zone atlantique (PMZAO).

Les conditions environnementales sont généralement exprimées comme des anomalies, à savoir, les écarts de leur moyenne à long terme. Les conditions moyennes ou normales à long terme sont calculées lorsque possible pour la période de référence de 1981-2010 pour les paramètres physiques, et pour 1999-2010 pour les paramètres biochimiques. En outre, parce que ces séries ont différentes unités (°C, km^3, km^2, etc.), chaque série temporelle d'anomalies est normalisée en divisant par l'écart-type, qui est également calculé en utilisant les données de la période de référence, si possible. Cela permet une comparaison plus directe des différentes séries. Les données manquantes sont représentées par les cellules grises, les valeurs au sein de ± 0,5 écart-type de la moyenne pour les données physiques et ± 1/3 écart-type de la moyenne pour les données biochimiques sont considérées comme près de la normale et illustrées avec des cellules blanches, et les conditions correspondant à plus chaudes que la normale (des températures plus élevées, la réduction des volumes de glace ou des superficies et volumes d'eau froide) par des cellules rouges, avec des rouges plus intenses pour des conditions de plus en plus chaudes ou des inventaires plus élevés que la normale pour les

variables biogéochimiques. De même, le bleu représente des conditions plus froides que la normale ou des inventaires plus basses que la normale pour les variables biogéochimiques. Des conditions supérieures à la normale en apports d'eau douce, de salinité ou de stratification sont illustrées en rouge, mais ne correspondent pas nécessairement à des conditions plus chaudes que la normale.

ÉVALUATION

Environnement physique

Voici un résumé des conditions océanographiques physiques observées au cours de l'année 2016 en ce qui concerne les eaux océaniques de l'est du Canada (figure 2), telles que détaillées dans trois rapports rédigés dans le cadre du PMZA (p. ex. Colbourne et al. 2016; Galbraith et al. 2016; Hebert et al. 2016).

Les températures de l'air étaient au-dessus de la normale dans la zone en hiver. En été, elles ont variées de conditions sous la normale jusqu'à normale sur le Plateau de Terre-Neuve-et-Labrador, de normale à au-dessus de la normale dans le golfe Saint-Laurent, et au-dessus de la normale sur le Plateau néo-écossais. Des records de température ont été enregistrés en novembre à plusieurs endroits au travers de la zone (+ 2,1 °C moyennés sur 11 stations du golfe, + 2,6 °C à St-John's et + 2,0 °C à l'île de Sable où la température était la plus haute enregistrée depuis 1897).

Les températures de surface de la mer étaient au-dessus de la normale à partir de l'automne 2015 jusqu'en mai 2016 sur le Plateau néo-écossais et la baie de Fundy, avec plusieurs records de série atteints en mars et avril (figures 4 à 6). Ces records étaient de + 1,7 °C (+ 2,5 à + 3,0 écarts-types) dans la subdivision 4W et les deux subdivisions 4X en mars, et de + 1,0 °C à + 1,7°C (+2,0 à + 2,2 écarts-types) dans 4V, 4W et les deux subdivisions de 4X en avril. Des records ont aussi eu lieu en novembre pour les régions du sud-ouest des Grands Bancs (3O; + 3,0 °C et + 2.1 écarts-types), du banc de Saint-Pierre (3P; + 2,2 °C et + 2,2 écarts-types), détroit de Cabot (4V; + 1,7 °C et + 2,1 écarts-types), golfe du Saint-Laurent (+ 1,7 °C; + 2,2 écarts-types) et l'estuaire du Saint-Laurent (+ 1,8 °C et + 2,3 écarts-types). Lorsque moyennées sur les mois habituellement libres de glace, les températures étaient près de la normale sur le Plateau de Terre-Neuve-et-Labrador et au-dessus de la normale ailleurs dans la zone (Figure 7), incluant un record de série dans l'estuaire du Saint-Laurent (+ 1,5 °C; + 2,4 écarts-types).

Le débit d'eau douce dans le golfe du Saint--Laurent, particulièrement dans l'estuaire du Saint--Laurent, a une forte incidence sur les phénomènes de circulation, de salinité et de stratification (et donc sur les températures dans les couches supérieures) dans le golfe et, en raison du courant de la Nouvelle--Écosse, sur le Plateau néo--Écossais. Le débit du fleuve Saint--Laurent a baissé entre le début des années 1970 et 2001, mais était de nouveau en hausse entre 2001 et 2011 (figure 7). Le débit moyen annuel était au-dessus de la normale en 2016 (17 600 m^3s^{-1}, + 0,6 écart-type; figure 7).

L'oscillation nord-atlantique est un indice du forçage atmosphérique hivernal dominant sur l'océan Atlantique Nord. Elle influe sur les vents, la température de l'air, les précipitations et les caractéristiques hydrographiques de la côte est canadienne, soit directement ou par advection. Un indice positif est habituellement associé à de forts vents du nord-ouest, de l'air froid, des eaux de surface froides et de grands couverts de glace sur la mer du Labrador, avec un effet contraire lors d'indice négatif. La tendance des courants océaniques du nord vers le sud étend l'influence de l'oscillation nord--atlantique à l'intérieur du golfe du Saint--Laurent et sur le

Plateau néo--Écossais. En 2016, l'indice d'oscillation nord--atlantique est demeuré dans une phase positive à 0,5 écart-type au-dessus de la normale, mais a décru de sa valeur record de série de 120 ans (+ 2,0 écarts-types) observée en 2015. L'indice n'était pas consistant avec les températures de l'air hivernales au-dessus de la normale sur le Plateau de Terre-Neuve-et-Labrador.

Au cours de la dernière décennie, les volumes de glace sur le Plateau continental de de Terre-Neuve-et-Labrador ainsi que dans le golfe du Saint--Laurent et le Plateau néo--Écossais ont généralement été plus faibles que la normale et ont atteint un bas niveau record dans le golfe du Saint--Laurent en 2010 et sur le Plateau de de Terre-Neuve-et-Labrador en 2011. En 2016, le volume de la glace de mer moyennée sur toute la saison était près de la normale sur le plateau de de Terre-Neuve-et-Labrador (- 0,4 écart-type) mais était le quatrième plus faible depuis le début des données en 1969 dans le golfe du Saint-Laurent, avec aucune exportation de glace de mer vers le plateau néo-écossais.

De nombreux indices, provenant de sections océanographiques ou de relevés écosystémiques, sont utilisés pour caractériser la variabilité des volumes et des surfaces d'eau froide, ainsi que les températures au fond dans la région concernée par le PMZA (figure 7). Depuis une trentaine d'années, les corrélations les plus fortes entre les indices d'eau froide sont obtenues pour le sud du Plateau du Labrador, le nord-est du Plateau de Terre-Neuve et le nord des Grands Bancs, suivies par celles observées entre le golfe du Saint--Laurent et le Plateau néo--Écossais. De manière compatible avec le couvert de glace hivernal, les conditions estivales de la couche intermédiaire froide (CIF) étaient près de la normale sur le de Terre-Neuve-et-Labrador, ou à tout le moins pas fortement anormale, mais étaient fortement plus chaudes et minces que la normale dans le golfe du Saint-Laurent et le Plateau néo--Écossais (de 0,8 à 0,9 écart-type). Ainsi, un gradient nord-sud a de nouveau été observé dans les conditions de la couche intermédiaire froide, pour la troisième année consécutive.

Les températures au fond étaient à nouveau près de la normale ou supérieures à la normale dans la zone, atteignant des niveaux record dans le nord du Golfe à des profondeurs de plus de 100 m (+ 1 °C, + 3,3 écarts-types; figure 7). Ce record de température est associé à une anomalie chaude observée pour la première dans le détroit de Cabot en 2010 et se propageant vers les têtes des chenaux, soutenue par de nouvelles intrusions chaudes en 2012 et encore en 2014-16. La température moyenne des eaux profondes du Golfe devrait continuer à augmenter durant les 2 ou 3 prochaines années alors que la circulation estuarienne transportera ces eaux chaudes vers les têtes des chenaux. L'étendue au fond occupée par des températures > 6 °C était en 2016 à un niveau record dans le centre du golfe et a fait sa première apparition dans le nord-ouest du golfe depuis au moins le milieu de la décennie 1980. Dans d'autres régions de la zone, la température au fond était la troisième la plus élevée depuis 1980 dans 3Ps au printemps (+ 0,9 °C; + 2,0 écarts-types) et dans 4V en juillet (+ 1,3 °C; + 2,2 écarts-types), et la seconde la plus élevée dans 4W (+ 1,8 °C; + 2,4 écarts-types) et 4X (+ 1,9 °C; + 2,6 écarts-types) en juillet.

La figure 8 montre les séries temporelles de trois indices composites construites par la somme d'anomalies normalisées représentant différentes profondeurs des eaux de la zone (figure 7), où chacune des anomalies est empilée l'une sur l'autre. La figure décrit les températures des eaux de surface et de fond, ainsi que des eaux intermédiaires froides et des glaces lesquelles sont toutes formées en hiver. Ces composites reflètent l'état climatique du système où des valeurs positives représentent des conditions chaudes et inversement des valeurs négatives représentent des conditions froides (moins de glace et d'eaux intermédiaires froides sont traduites par des anomalies positives). La figure montre aussi le degré de cohérence entre les diverses variables et entre les diverses régions au travers de la zone. Les conditions en 2016

étaient au-dessus de la normale pour les trois composantes. Bien que globalement les températures des eaux profondes fussent les troisièmes plus élevées de la série, elles étaient près de la normale dans 3LNO sur le Plateau de Terre-Neuve.

En 2016, les températures moyennes annuelles de 0 à 50 m aux stations d'échantillonnage à haute fréquence étaient au-dessus de la normale à toutes les stations du PMZA (figure 9), incluant un niveau record de série à la station Rimouski (+ 1,5 °C; + 3,3 écarts-types) et la seconde valeur la plus élevée à Prince 5 depuis le début de la série en 1926 (+ 1,7 °C; + 3,1 écarts-types). La température au fond était normale à la Station 27 et au-dessus de la normale aux autres stations, incluant un record de série à la station Rimouski (5,54 °C; + 0,6 °C; + 3,3 écarts-types) et la seconde plus élevée Prince 5 (8,16 °C; + 1,7 °C; + 3,0 écarts-types). Les anomalies annuelles 0-50 m de salinité ont varié en signe au travers de la zone. L'indice annuel de stratification 0-50 m était près de la normale à toutes les stations sauf à Prince 5, où elle était sous la normale (- 1,5 écart-type). Sur une grande échelle spatiale, la stratification sur le Plateau néo-écossais augmentée, après plusieurs années de baisse, en raison de températures de surface plus élevées et de salinités de surface moindres. Depuis 1948, il y a eu une augmentation de la stratification moyenne sur le Plateau néo-écossais, ce qui entraîne un changement dans la différence de densité entre 0 et 50 m de 0,36 kg m^{-3} au cours des 50 dernières années, principalement causées par une réduction de la densité de surface (76% de la variation totale de la différence de densité), composée également d'un réchauffement et d'une baisse de salinité.

Un total de 44 indices répertoriés dans les figures 7 et 9 décrivent les conditions océaniques liées à la température dans la zone du PMZA (température de la surface de la mer; glace; surfaces, volumes et température minimale de la couche intermédiaire froide en été; température au fond; moyenne de température de 0 à 50 m). Parmi ceux-ci, une seule était inférieure à la normale, 10 étaient dans les valeurs normales et 33 étaient supérieures à la normale, indiquant une continuité des conditions océaniques chaudes en 2016 au travers de la majeure partie de la zone.

Indice du transport du courant du Labrador

L'indice de transport du courant du Labrador annuel moyen montre que le transport sur le talus du Labrador et du nord-est de Terre-Neuve n'est généralement pas en phase avec celui sur le talus du Plateau néo-écossais (figure 7). Le transport était plus fort au début des années 1990 et le plus faible dans le milieu des années 2000 sur le talus du Labrador et du nord-est de Terre-Neuve, et inversement sur le talus du Plateau néo-écossais. L'indice de transport du courant du Labrador était positivement et négativement corrélé avec l'indice hivernal de l'oscillation nord-atlantique (ONA) sur le talus du Labrador et du nord-est de Terre-Neuve et sur le talus du Plateau néo-écossais, respectivement. En 2016, le transport annuel moyen était au-dessus de la normale sur le talus du Labrador et du nord-est de Terre-Neuve (+ 1.3 écarts-types) et inférieure à la normale (-1.1 écart-type) sur le talus du Plateau néo-écossais.

Environnement biogéochimique

Le phytoplancton est constitué de plantes microscopiques qui forment la base du réseau trophique aquatique similairement aux végétaux sur la terre. Il existe des différences de taille considérables selon les espèces. Les espèces les plus grandes font partie du groupe des diatomées, alors que les plus petites incluent principalement les flagellés. Le phytoplancton utilise la lumière pour fabriquer la matière organique à partir de dioxyde de carbone et des sels nutritifs dissous dans l'eau marine. Le taux de production de cette nouvelle matière organique dépend de la température et de la disponibilité de la lumière et des sels nutritifs. Le

phytoplancton représente la principale source alimentaire de la partie animale du plancton, le zooplancton. Dans les eaux du Plateau continental, le nitrate est normalement le sel nutritif qui limite la croissance du phytoplancton dans les circonstances où la lumière est abondante. Dans la plupart des eaux marines, l'abondance des cellules de phytoplancton explose au printemps et à l'été, ce qui constitue la floraison printanière, alors qu'une prolifération moins prononcée a lieu en automne dans certaines régions lorsque la stratification de la colonne d'eau diminue. Les organismes zooplanctoniques qui dominent les océans sont les copépodes. Ils constituent le lien essentiel entre le phytoplancton et les organismes de plus grande taille tels que les poissons. Les larves de copépodes (nauplii) sont la principale proie des jeunes poissons, alors que les stades de copépodes plus âgés (copépodites) composent le menu des plus gros poissons, principalement les juvéniles et adultes d'espèces pélagiques comme le capelan, le lançon et le hareng.

Plusieurs indices environnementaux représentant les teneurs en nitrate, biomasse de phytoplancton, les caractéristiques de la floraison printanière déterminée à partir d'observations par satellites, et de l'abondance du zooplancton du Plateau de Terre-Neuve et Grands Bancs (Pepin et al. 2017), golfe du Saint-Laurent (Devine et al. 2015) et Plateau néo-écossais (Johnson et al. 2017) sont présentés sous forme de séries temporelles (1999 à 2015) dans un tableau synoptique dans les figures 10 à 12.

Contrairement aux données océanographiques physiques du PMZA, les séries temporelles des variables biogéochimiques du programme couvrent une période d'une durée relativement courte caractérisée par une plus forte variabilité interannuelle que les patrons à long terme observés pour l'environnement physique. Le changement moyen maximal absolu observé d'une année à l'autre dans l'ensemble des sections et des sites d'échantillonnage à haute fréquence est d'environ 3,5 écart-types pour les sels nutritifs et le phytoplancton, mais 5,5 écart-types pour le zooplancton. La variation interannuelle maximale de l'abondance du zooplancton a augmenté de 3,7 écart-types en 1999-2010 à 5,5 écart-types en 1999-2016, indiquant que des changements plus extrêmes de ce niveau trophique sont observés avec l'allongement de la série temporelle. On observe une tendance commune dans la variation des variables biogéochimiques au sein des régions, ainsi que des signes d'anomalies qui tendent à persister pendant plusieurs années. Cependant, une variabilité considérable a aussi été observée dans certains cas dans les différents secteurs d'une même région.

Les inventaires des sels nutritifs sous la couche de surface (50-150 m) ont démontré une hétérogénéité spatiale considérable et étaient presque normaux dans une grande partie de la zone atlantique. Cela représente un changement par rapport aux valeurs généralement inférieures aux valeurs normales dans la région de Terre-Neuve-et-Labrador qui existait entre 2008/09 et 2015 (figure 10). Dans le golfe du Saint-Laurent, les stocks de nitrates profonds sont passés à la normale après une période supérieure à la normale de 2012 à 2015 (figure 10). Les anomalies négatives les plus fortes du nitrate profond (<-1,5 écart-types) se sont produites à la Station 27, ainsi que dans l'est du Plateau néo-écossais et dans la baie de Fundy.

Les concentrations en chlorophylle *a* (de 0 à 100 m; figure 10), un indice commun de la biomasse phytoplanctonique, démontrent un fort degré de variabilité d'une année à l'autre avec des valeurs exceptionnelles au-dessus et sous la moyenne à long terme. On observe une cohérence limitée de la variabilité de la chlorophylle à l'échelle de la zone atlantique jusqu'à tout récemment. Les stocks annuels de chlorophylle *a* étaient généralement inférieurs à la normale dans toute la zone, avec les anomalies négatives les plus fortes survenant dans le nord-ouest du golfe du Saint-Laurent et sur le plateau de de Terre-Neuve-et-Labrador, y compris une faible anomalie record sur la section du Bonnet Flamand (figure 10). Une anomalie positive de chlorophylle n'a été observée que dans le sud du golfe du Saint-Laurent. Étant donné que le

phytoplancton dépend de la disponibilité des sels nutritifs, il est tentant de vouloir lier les tendances de variation de ces deux variables, mais le résultat d'une telle comparaison dans la totalité de la zone atlantique indique qu'il n'y a pas de lien significatif entre les concentrations en nitrates et de phytoplanctons à l'échelle annuelle. Ce résultat n'indique pas que les variations observées à l'échelle locale dans le cycle de production saisonnier du phytoplancton ne sont pas liées à la disponibilité des sels nutritifs, mais plutôt que de nombreux facteurs sont susceptibles d'influencer la dynamique sels-nutritifs-phytoplancton. L'importance relative de ces facteurs est susceptible de varier à une échelle spatiale très vaste (du golfe du Maine au sud du Labrador) qui comprend des environnements estuariens et océaniques.

Les caractéristiques de la floraison printanière (c.-à-d. début de la floraison, abondance intégrée de phytoplancton et la durée de la floraison) ont été dérivées d'observations composites hebdomadaires de la concentration de la chlorophylle à la surface de l'océan basée sur des observations satellites (Sea-Viewing Wide Field-of-View Sensor [SeaWiFS] 1998-2008; Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer [MODIS] 2008-2011; Visual Infrared Imaging Radiometer Suite [VIIRS] (2012-present) (figure11). Le début de la floraison printanière du phytoplancton a été retardé sur le plateau de de Terre-Neuve-et-Labrador et était soit normal ou hâtif dans le golfe du Saint-Laurent et sur le Plateau néo-écossais; L'ampleur de la floraison était généralement inférieure à la normale à l'exception du golfe de Saint-Laurent où la floraison sur le Plateau madelinien était bien supérieure à la normale; La durée de la floraison était très variable, avec de courtes floraisons sur le plateau de de Terre-Neuve-et-Labrador, dans le nord du golfe du Saint-Laurent et sur le Plateau néo-écossais central, et des floraisons plus longues que la moyenne sur le sud du golfe du Saint-Laurent et dans l'est du Plateau néo-écossais.

Les indices d'abondance du zooplancton ont eu tendance à démontrer une cohérence temporelle plus élevée au sein des régions par rapport à la biomasse de la chlorophylle. Les populations de mésozooplancton échantillonnées dans le cadre du PMZA (d'une taille variant de 0,2 à 20 mm) dans une région donnée présentaient potentiellement un degré élevé de connexion aux zones adjacentes, ces organismes étant fortement influencés par les effets des courants océaniques. En 2016, les indices d'abondance du zooplancton ont continué de démontrer une forte cohérence à grande échelle spatiale (figure 12). Un changement de communauté de zooplancton a été observé ces dernières années, caractérisé par une abondance plus faible du copépode *Calanus finmarchicus* riche en énergie, des abondances plus élevées de petits copépodes et d'espèces d'eau et chaude ,et une plus grande abondance de non-copépodes. Ce patron a persisté en 2016. Les abondances totales de copépodes ont continué d'être plus élevées que la normale dans de nombreuses régions, en particulier sur le Plateau de Terre-Neuve-et-Labrador et dans le golfe du Saint-Laurent, avec des valeurs record élevées aux stations 27, Rimouski et dans le nord-ouest du golfe de Saint-Laurent. Les abondances des copépodes étaient principalement supérieures à la moyenne sur le Plateau néo-écossais, semblable à en 2015, et il y avait une valeur record élevée dans la baie de Fundy, suite à des anomalies positives depuis 2012. Le zooplancton non-copépode, qui est principalement constitué des stades larvaires des invertébrés benthiques, de nombreux carnivores qui se nourrissent d'autres zooplanctons et de taxons qui s'alimentent de petites particules, étaient supérieurs à la moyenne dans toute la zone, avec des valeurs record élevées observées dans les trois régions. Les anomalies négatives les plus faibles de *C. finmarchicus* se sont produites sur le Plateau néo-écossais. Les anomalies positives les plus fortes de *Pseudocalanus* spp. et des non-copépodes ont eu lieu dans le golfe du Saint-Laurent et sur le Plateau de Terre-Neuve-et-Labrador.

Les espèces de zooplancton sous-dominantes et peu répandues associées à des habitats particuliers ou à des cycles vitales particuliers peuvent servir d'indicateurs de changements

dans l'environnement et l'écosystème. Des exemples de ces espèces indicatrices comprennent des copépodes sous-tropicaux et cosmopolites, des copépodes d'eau froide / arctique, des copépodes d'eau chaude / été-automne des plateaux continentales, et des copépodes d'eaux profondes. En 2016, dans le golfe du Saint-Laurent, l'abondance des copépodes présents en été-automne sur les Plateaux continentaux *(Centropages* spp. et *Paracalanus* sp.) sont restées bien supérieure à la normale alors que les copépodes d'eaux profondes et plus chaudes (*Metridia lucens*) ont démontré une anomalie positive record, reflétant probablement des températures de surface supérieures à la normale et les conditions très chaudes observées dans les eaux profondes de la région. A l'inverse, les copépodes de l'eau froide / arctique *Calanus glacialis* et *Metridia longa* ont montré une abondance respectivement en dessous et au-dessus de la normale dans la région en 2016. Sur le Plateau néo-écossais en 2016, l'abondance de copépodes d'eau froide/ arctique continuait d'être inférieure à la normale. L'abondance des copépodes d'eaux chaudes / automne-été (*Centropages* spp., *Paracalanus* sp. et *Temora longicornis*), les copépodes subtropicales et cosmopolites (*Oithona atlantica*) étaient tous plus élevés que la normale. Les abondances plus élevées d'espèces provenant du large sur le Plateau néo-écossais suggèrent que les changements dans la communauté zooplanctonique reflètent des changements dans le transport en aval, en plus du réchauffement local de l'océan. Sur le Plateau de Terre-Neuve et les Grands Bancs en 2016, les copépodes arctiques d'eau froide, y compris *C. glacialis* et *Calanus hyperboreus*, étaient plus abondants, probablement associés à des conditions plus froides observées ces dernières années dans la région. À l'inverse, les copépodes d'eau froide *Euchaeta norvegica* et *M. longa* ont montré des signaux mixtes dans toute la région. L'occurrence d'espèces d'eau chaude (*Centropages typicus*, *T. longicornis* et *Paracalanus* sp.) et les copépodes d'eaux profondes (*M. lucens*) étaient généralement moins abondants sur le Plateau de Terre-Neuve et les Grands Bancs en 2016.

Les patrons de variation des copépodes et de l'abondance sans copépodes ont une association positive modérée. Jusqu'en 2011, les tendances relatives de variation de ces deux groupes ont suivi une progression régionale des anomalies ayant pour origine des secteurs les plus au nord de la zone atlantique, soit la section de l'île Seal au Labrador (voir l'anomalie négative dans le coin supérieur droit de la figure 12), en passant par Terre-Neuve et jusqu'au nord du golfe du Saint-Laurent; par la suite, les anomalies semblent avoir progressé au sud du golfe et vers le Plateau néo-écossais (figure 13). Bien que la tendance générale varie considérablement, les anomalies normales ou positives ont persisté dans la plupart des secteurs de Terre-Neuve et du golfe du Saint-Laurent après qu'on y ait observé des abondances sous la normale de 1999 à 2001 et de 1999 à 2004 respectivement. Les conditions sur le Plateau néo-écossais ont contrasté celles du plateau de Terre-Neuve, avec des niveaux élevés d'abondance du zooplancton en 1999-2001 et généralement inférieurs aux niveaux moyens jusqu'en 2013, lorsque les abondances semblent être près de la moyenne de 1999-2010.

Environnement de la mer du Labrador

Le Programme de monitorage hors du plateau de la zone atlantique fournit des observations de la variabilité du climat océanique et le plancton affectant le climat et les écosystèmes de l'Atlantique canadien et le système climatique mondial. Dans la mer du Labrador, les pertes de chaleur en hiver sont un processus clé dans la formation des eaux denses, qui conduisent la circulation mondiale océan. Dans l'hiver 2015-16, l'Atlantique Nord de la latitude moyenne et moyenne a connu une perte de chaleur superficielle plus modérée dans la région que dans les années précédentes, alors qu'elle était plutôt du côté extrême, culminant dans l'hiver 2014-2015. Malgré la perte de chaleur plus faible de l'océan a l'atmosphère, le préconditionnement de la colonne d'eau provoqué par le mélange convectif au cours des années précédentes a

néanmoins entraîné la formation la plus significative, en volume et en profondeur, de l'eau de mer du Labrador (LSW pour Labrador Sea Water) depuis 1994. Les profils de température, salinité et d'oxygène dissous montrent que la couche mixte hivernale et, par conséquent, le renversement convectif dans la mer centrale du Labrador a atteint plus de 2000 m en 2016 après un maximum de 1,600 m en 2014 et 1,700 m en 2015 (figure 14). Cette nouvelle LSW est associée à une couche à basse température (< 3,3 °C) et salinité (< 34,85) entre 1,000 et 1,700 m. La convection hivernale en 2016 est la plus profonde depuis le record de 2,400 m établi en 1994, et les eaux formées en 2015 ayant le plus grand volume observé en dehors du début des années 1990. Ce réservoir rempli de LSW nouvellement ventilé, froid et de faible salinité (figure 14), est riche en dioxyde de carbone et d'autres gaz dissous, suggérant que la forte convection de 2016 a entraîné l'augmentation des taux de capture de gaz (oxygène dissous, gaz anthropique et dioxyde de carbone) dans la mer du Labrador qui se sont ensuite répandus à des profondeurs généralement en dessous de 1,900 m et, dans certains cas, 2,000 m.

Le refroidissement progressif des premiers 2,000 m de la colonne d'eau et le mélange profond et intensif pendant les trois hivers consécutifs de 2013-14, 2014-15 et 2015-16 ont interrompu la tendance générale au réchauffement et à la stratification qui a persisté dans les eaux intermédiaires de La mer du Labrador depuis le milieu des années 1990 (figure 15).

Pour la classe d'eau de mer du Labrador la plus récente, il y a eu une augmentation supplémentaire du carbone inorganique total (TIC) en raison de l'invasion progressive du dioxyde de carbone anthropique dans l'océan de surface et ceci a été accompagné d'une légère diminution du pH sur l'échelle totale. L'augmentation globale des TIC depuis 1994 est mieux décrite par une régression linéaire ($R^2 = 0.93$) avec un taux moyen de 0,86 µmol kg ^{1} y ^{1}, alors que le déclin du pH a également été linéaire, bien que plus variable que les TIC ($R^2 = 0.51$), avec un taux moyen de -0.002 y ^{1}. Les concentrations des gaz dissous du dichlorodifluorométhane (CFC-12) et de l'hexafluorure de soufre (SF6) dans la récente classe de LSW (formée et reconstituée au cours de 2012-2016) n'ont pas beaucoup changé depuis 2015 malgré une augmentation de la profondeur du mélange convectif en 2016. Probablement le flux net air / mer de SF6 et CFC-12 dans les eaux de LSW généralement sous-saturé a été compensé par l'entrainement d'eaux profondes ayant de faibles concentrations de ces gaz.

La variabilité interannuelle du contenu de chaleur de la mer du Labrador et le flux de chaleur cumulé à la surface durant les saisons de refroidissement indiquent que le refroidissement atmosphérique hivernal anormalement fort qui est associé à l'oscillation nord-atlantique continue d'être responsable de la convection récurrente (figure 15). Les épisodes de convection profonde récurrente contribuent à la variabilité décennale des propriétés des masses d'eaux profondes, du transport profond dans l'Atlantique Nord subpolaire, et potentiellement de la circulation méridienne de retournement de l'Atlantique.

Les propriétés océaniques et atmosphériques physiques extrêmes de l'hiver et printemps 2015-2016 ont également eu des répercussions profondes sur les propriétés biologiques de la mer du Labrador. La climatologie bihebdomadaire de la chlorophylle *a* construite à partir d'une série chronologique de couleurs océaniques dérivée d'observations satellites de 2003 à 2016 indique que la floraison annuelle du phytoplancton a commencé à une date moyenne, mais la durée de la floraison a été longue encore cette année à grande échelle spatiale mais l'intensité de la floraison n'a pas été aussi forte que celle observée en 2015 (figure 16). L'apparition d'une floraison d'automne à nouveau cette année semble indiquer que cette caractéristique devient de plus en plus la norme plutôt que l'exception (figure 15).

Calanus finmarchicus domine le mésozooplancton dans la région centrale de la mer du Labrador, tandis que sur les plateaux continentaux du Labrador et du Groenland, l'abondance de *C. finmarchicus* démontre des variations régionales qui sont généralement stables d'année en année et qui sont liés aux différences régionales du cycle de vie et des conditions environnementales. Les *Calanus* spp. et d'autres copépodes peuvent avoir bénéficié d'une forte disponibilité de phytoplancton pendant toute la saison de croissance. En 2016, les estimations de l'abondance inférieure à la normale de *C. finmarchicus* en mai dans toutes les parties de la mer du Labrador peuvent être largement attribuables à la date d'échantillonnage, qui cette année qui s'est produite avant la floraison du printemps.

En résumé, la convection profonde des années précédentes a mis en place des conditions préalables qui favorisent cette convection profonde record de cette année. En outre, nous pouvons mesurer ces impacts sur les propriétés biologiques de la mer du Labrador, jusqu'au niveau trophique inférieur, bien que les mécanismes de la réponse biologique en 2016 puissent différer de ceux observés lors des événements précédents de convection profonde en 2013-14, 2014-2015 et 2007-08.

Sources d'incertitude

Dans l'Atlantique nord-ouest, les patrons spatiaux et saisonniers des variables océanographiques physiques, chimiques et biologiques surveillées dans le cadre du PMZA sont demeurés relativement constants depuis le lancement du programme. Bien qu'il y ait des variations saisonnières relatives à la répartition des masses d'eau, des plantes et des animaux, ces variations affichent des patrons généralement prévisibles. Toutefois, il existe une incertitude considérable à l'égard des estimations de l'abondance générale du phytoplancton et du zooplancton. Cette incertitude est causée en partie par le cycle de vie des animaux, leur répartition éparse dans un espace donné et la portée limitée du programme de surveillance au sein de la région concernée.

Les variables océanographiques physiques (température, salinité) et chimiques (sels nutritifs, oxygène dissous) sont échantillonnées de façon adéquate puisqu'elles présentent des propriétés plutôt conservatrices qui sont peu susceptibles de montrer des changements précipités sur le plan spatial ou temporel. De plus, la mesure de ces variables est effectuée selon un bon degré de précision. La seule exception s'applique aux eaux superficielles, où les changements rapides survenant dans l'abondance du phytoplancton peuvent causer rapidement l'appauvrissement des sels nutritifs, surtout lors de la prolifération printanière.

La plus grande source d'incertitude découle de nos estimations relatives à l'abondance du phytoplancton en raison des difficultés liées à la description des variations de la date, de l'ampleur et de la durée de la prolifération printanière du phytoplancton d'une année à l'autre. Selon des échelles temporelles s'étendant de quelques jours à plusieurs semaines, l'abondance du phytoplancton peut changer rapidement. Puisque notre échantillonnage est limité dans son intervalle, est parfois interrompu en raison des intempéries atmosphériques, ou limité par la non-disponibilité des navires, ce qui se produit souvent au cours de l'échantillonnage à nos stations fixes en hiver, il est possible que le phytoplancton et d'autres variables importantes ne soient pas échantillonnés de façon adéquate. De plus, les variations relatives à la date de la floraison printanière du phytoplancton dans l'ensemble de la zone en relation avec les dates des relevés océanographiques effectués au printemps peuvent limiter notre capacité à déterminer, d'une année à l'autre, les variations liées à l'abondance maximale du phytoplancton. En revanche, nous sommes davantage en mesure de décrire, d'une année à l'autre, les variations relatives à l'abondance des espèces dominantes de zooplancton puisque leur cycle saisonnier se déroule selon des échelles temporelles s'étendant de quelques semaines à

plusieurs mois en raison de la longue durée de génération relative au phytoplancton. Cependant, la répartition spatiale du zooplancton varie davantage. Bien que l'on arrive à évaluer correctement les variations interannuelles de l'abondance des groupes dominants tels les copépodes, on ne peut actuellement estimer avec confiance les variations de l'abondance d'espèces rares, éparses ou éphémères.

Dans plusieurs secteurs, l'occupation des lieux d'échantillonnage (sites fixes) à haute fréquence est particulièrement limitée durant l'hiver et au début du printemps, c'est pourquoi il nous arrive de ne pas être témoins d'événements majeurs au cours du cycle saisonnier (p. ex., le début de la prolifération printanière du phytoplancton). De plus, les réductions dans le calendrier de sortie des navires dans les régions ont également réduit le nombre d'observations complètes à certains sites.

CONCLUSION

Bien que les conditions océanographiques se soient réchauffées avant la mise en oeuvre du PMZA, les températures de l'eau augmentent davantage depuis quelques années avec des températures de surface qui ont atteint des valeurs record dans toute la zone à l'été 2012. En 2016, elles étaient au-dessus de la normale en hiver sur le Plateau néo-écossais et la Baie de Fundy, atteignant des records (depuis 1985) en mars et avril.. Des records ont aussi eu lieu en novembre pour les régions du sud-ouest des Grands Bancs (3O), du banc de Saint-Pierre (3P), détroit de Cabot (4V), le golfe et l'estuaire du Saint-Laurent. Le plateau de Terre-Neuve et le Plateau du Labrador ont par contre connu des températures de surface qui ont été près de la normale moyennée sur les mois libres de glace. Le volume de glace moyenné sur toute la saison de glace était près de la normale sur le plateau de Terre-Neuve-et-du-Labrador, mais était le quatrième plus faible depuis le début des données en 1969 dans le golfe du Saint-Laurent. Conformément avec le couvert de glace hivernal, les conditions estivales de la couche intermédiaire froide étaient près de la normale sur le Plateau de Terre-Neuve-et-Labrador, ou à tout le moins pas fortement anormales, mais étaient fortement plus chaudes et minces que la normale dans le golfe du Saint-Laurent et le Plateau néo-écossais. Un gradient nord-sud des conditions de CIF a donc été observé. Les températures au fond étaient de normales à supérieures à la normale dans toute la zone, comprenant de très fortes anomalies sur le Plateau néo-écossais, un record de 33 ans dans 3Ps et un record centenaire dans les eaux profondes du nord du golfe du Saint-Laurent associé à une anomalie chaude observée pour la première dans le détroit de Cabot en 2010 et qui se propage vers la tête des chenaux.

Les variations des variables biogéochimiques semblent dominées par les fluctuations à court terme, parce que l'échantillonnage a été lancé seulement en 1999. L'état actuel de l'environnement biogéochimique semble démontrer une certaine structuration spatiale, avec des stocks de sels nutritifs étant près de la normale sur le plateau néo-écossais, généralement supérieures à la normale dans le golfe du Saint-Laurent et bien en dessous de la normale dans la plupart du Plateau de Terre-Neuve-et-Labrador. L'abondance du phytoplancton était généralement au-dessus de la normale à travers toute la zone atlantique. L'abondance des différents groupes de zooplancton a également démontré une forte structure spatiale dans les patrons de variation. L'abondance du gros copépode *Calanus finmarchicus* était considérablement en dessous de la normale dans toute la zone de l'Atlantique tandis que l'abondance du petit copépode *Pseudocalanus* spp. était supérieure à la normale sur le Plateau de Terre-Neuve-et-Labrador, dans le golfe du Saint-Laurent et dans la partie est du Plateau néo-écossais. L'abondance des taxons non-copépodes était au-dessus de la normale dans toute la zone, ce qui représente une expansion spatiale des conditions au-dessus de la normale par rapport à 2013.

Au centre de la mer du Labrador, la couche mixte hivernale et le renversement convectif ont atteint une profondeur maximale de 1,900 à 2,000 m, sans doute la plus profonde depuis le record de 2,400 m en 1994, et la résultante classe d'âge eau de mer du Labrador est l'une des plus importantes jamais observées en dehors du début des années 1990. L'abondance des copépodes dans la mer du Labrador continue à être sous la normale, poursuivant une tendance qui a commencé en 2013.

SOURCES DE RENSEIGNEMENTS

Le présent avis scientifique découle de la Dix-neuvième réunion annuelle du Programme de monitorage de la zone atlantique (PMZA) tenue du 14 au 17 mars 2017. Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, sur le calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada.

Colbourne, E., Holden, J., Senciall, D., Bailey, W., Snook, S. and Higdon, J. 2016. Physical Oceanographic Conditions on the Newfoundland and Labrador Shelf during 2015. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2016/079. v + 40 p.

Devine, L., Plourde, S., Starr, M., St-Pierre, J.-F., St-Amand, L., Joly, P. and Galbraith, P. S. 2015. Chemical and Biological Oceanographic Conditions in the Estuary and Gulf of St. Lawrence during 2014. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2015/071. v + 46 p.

Galbraith, P.S., Chassé, J., Caverhill, C., Nicot, P., Gilbert, D., Pettigrew, B., Lefaivre, D., Brickman, D., Devine, L., and Lafleur, C. 2016. Physical Oceanographic Conditions in the Gulf of St. Lawrence in 2015. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2016/056. v + 90 p.

Hebert, D., Pettipas, R., Brickman, D., and Dever, M. 2016. Meteorological, Sea Ice and Physical Oceanographic Conditions on the Scotian Shelf and in the Gulf of Maine during 2015. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2016/083. v + 49 p.

Johnson, C., Devred, E., Casault, B., Head, E., and Spry, J. 2017. Optical, Chemical, and Biological Oceanographic Conditions on the Scotian Shelf and in the Eastern Gulf of Maine in 2014. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2017/012. v + 53 p.

Pepin, P., Maillet, G., Fraser, S., Doyle, G., Robar, A., Shears, T., and Redmond, G. 2017. Optical, chemical, and biological oceanographic conditions on the Newfoundland and Labrador Shelf during 2014-2015. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2017/009. v + 37 p.

Therriault, J.-C., Petrie, B., Pepin, P., Gagnon, J., Gregory, D., Helbig, J., Herman, A., Lefaivre, D., Mitchell, M., Pelchat, B., Runge J. and D. Sameoto. 1998. Proposal for a northwest Atlantic zonal monitoring program. Can. Tech. Rep. Hydrogr. Ocean Sci. 194: vii+57p.

ANNEXE

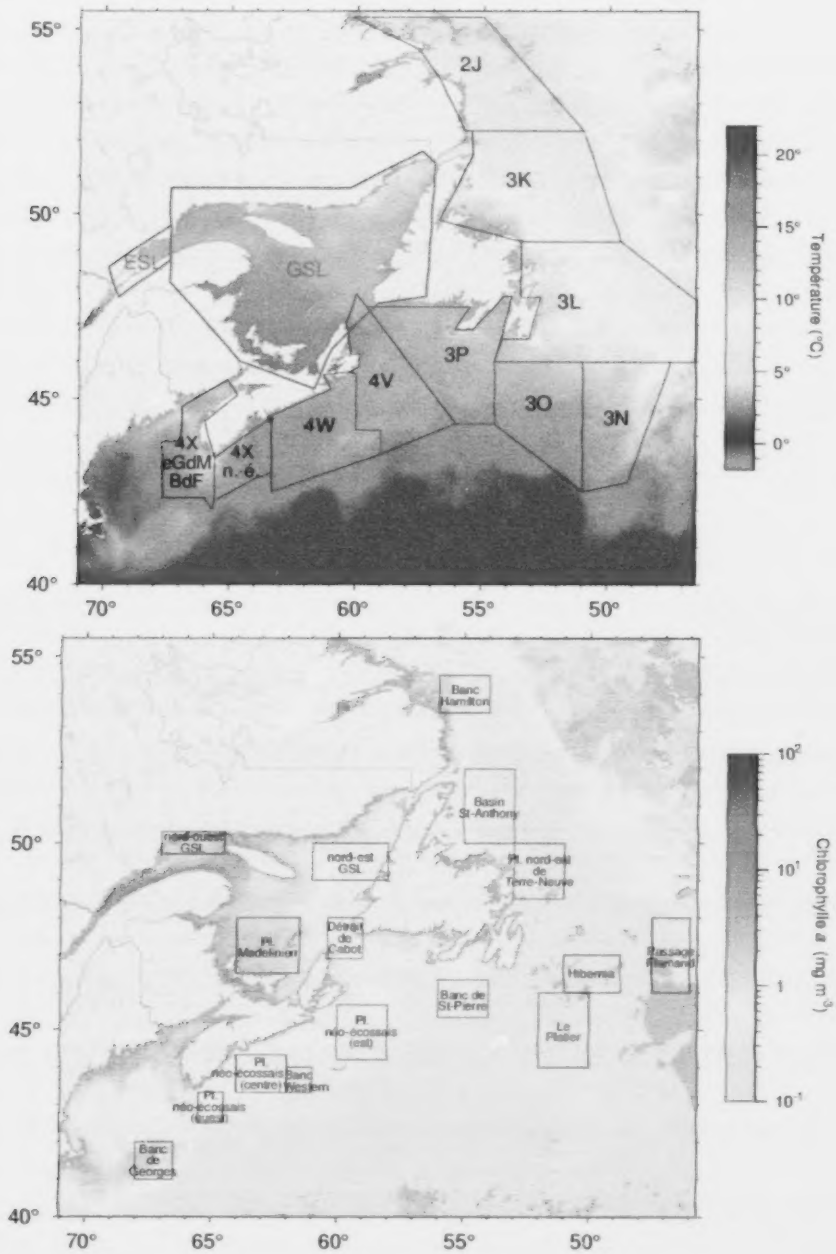

Figure 3. Régions utilisées pour les moyennes de température (haut) et de couleur de l'eau (bas). Les Divisions l'OPANO ont été coupées au talus continental. Les anonymes GSL et ESL sont le golfe Saint-Laurent et l'estuaire du Saint-Laurent respectivement. Le champ de température est celui de juillet 2016 tandis que la concentration de chlorophylle a est pour la deuxième demie de juillet 2016.

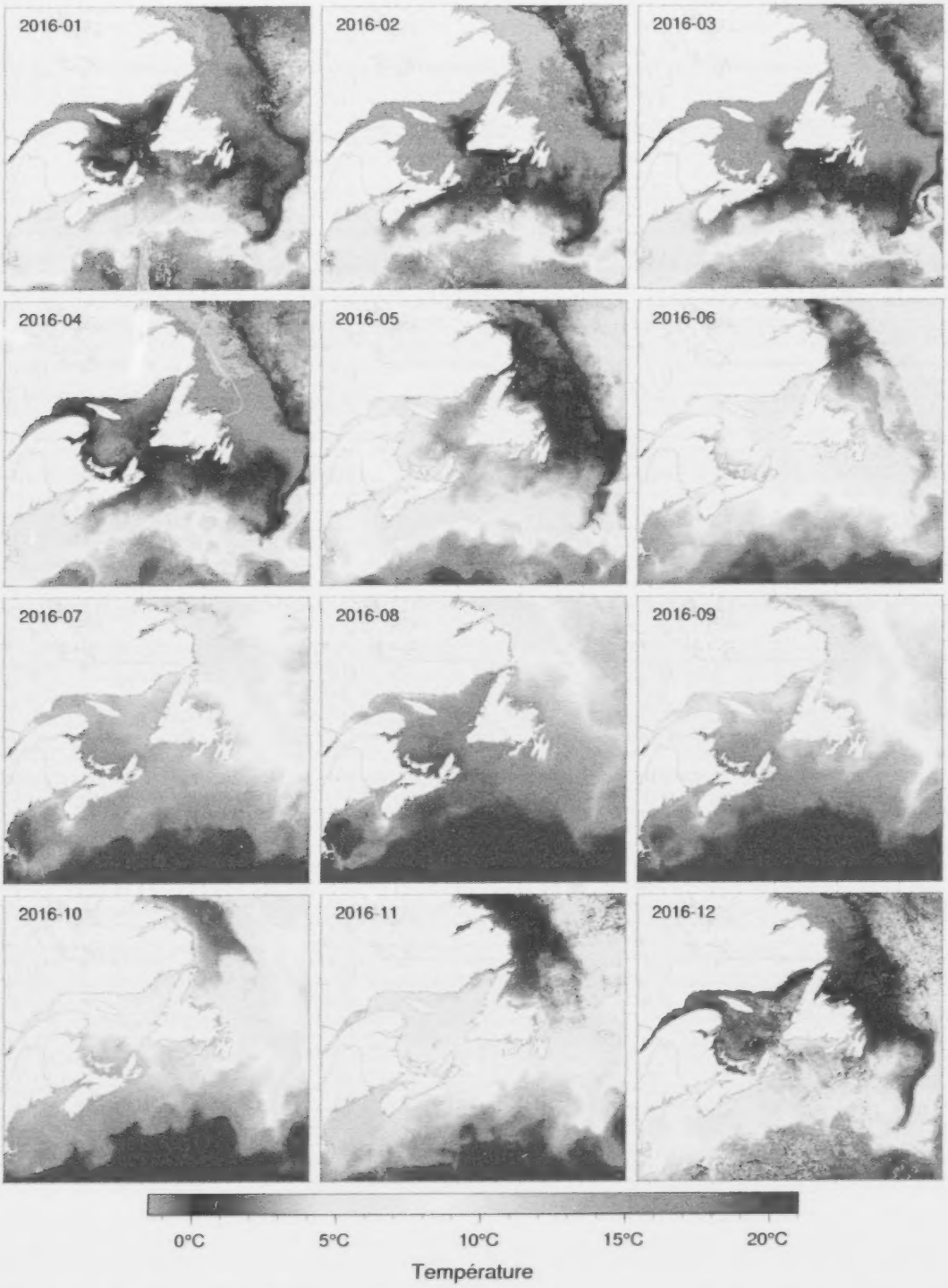

Figure 4. Température de la surface de la mer moyennée par mois de 2016 dans la zone atlantique.

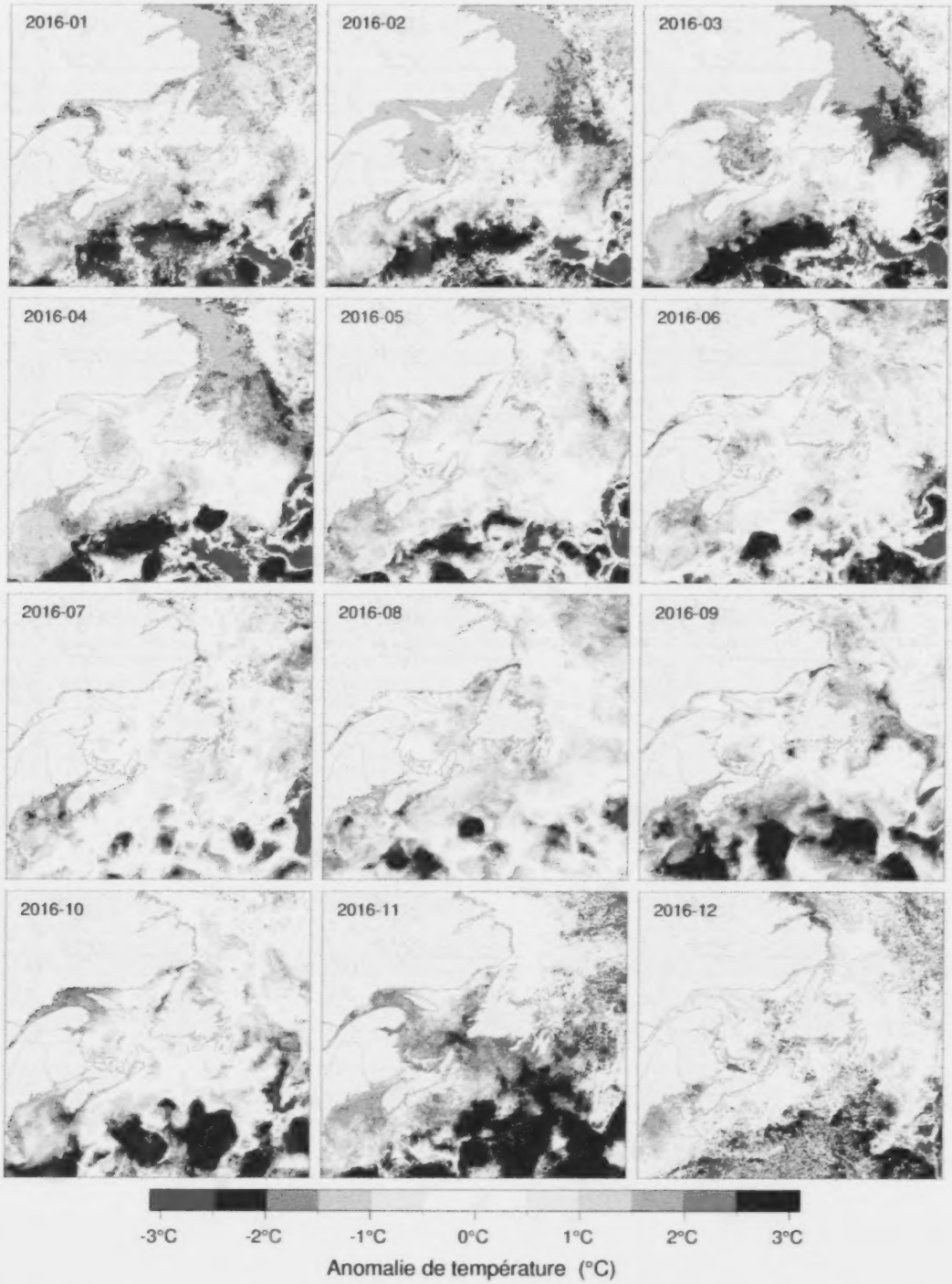

Figure 5. Anomalies mensuelles de température de la surface de la mer en 2016 dans la zone atlantique. Les anomalies de température sont basées sur une climatologie de 1985-2010.

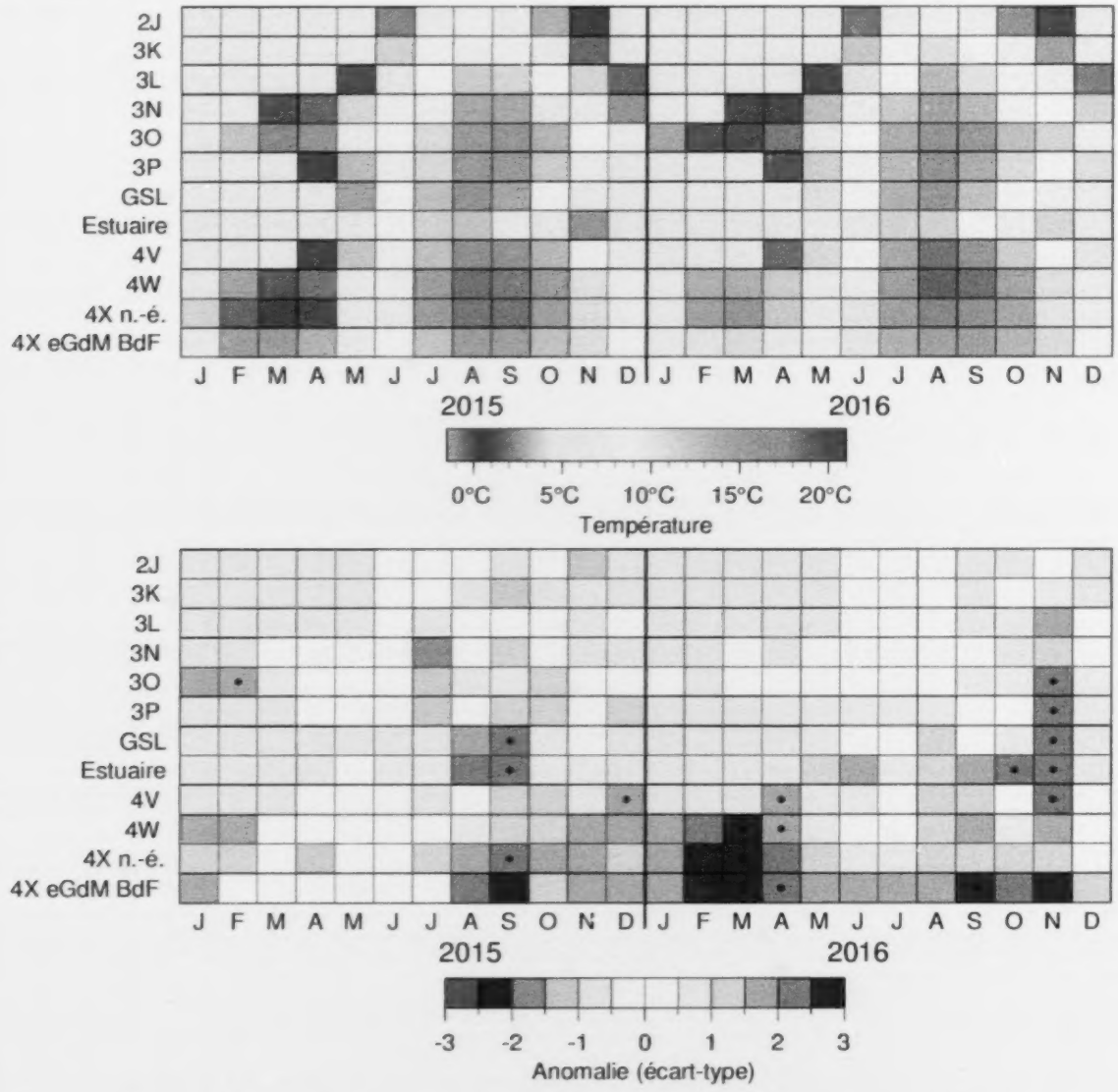

Figure 6. Températures (haut) et anomalies (bas) de la surface de la mer en 2015-16 moyennées mensuellement sur les 12 régions identifiées à la figure 3. Les régions et mois pour lesquels la température moyenne était à un niveau record sont identifiés par une étoile.

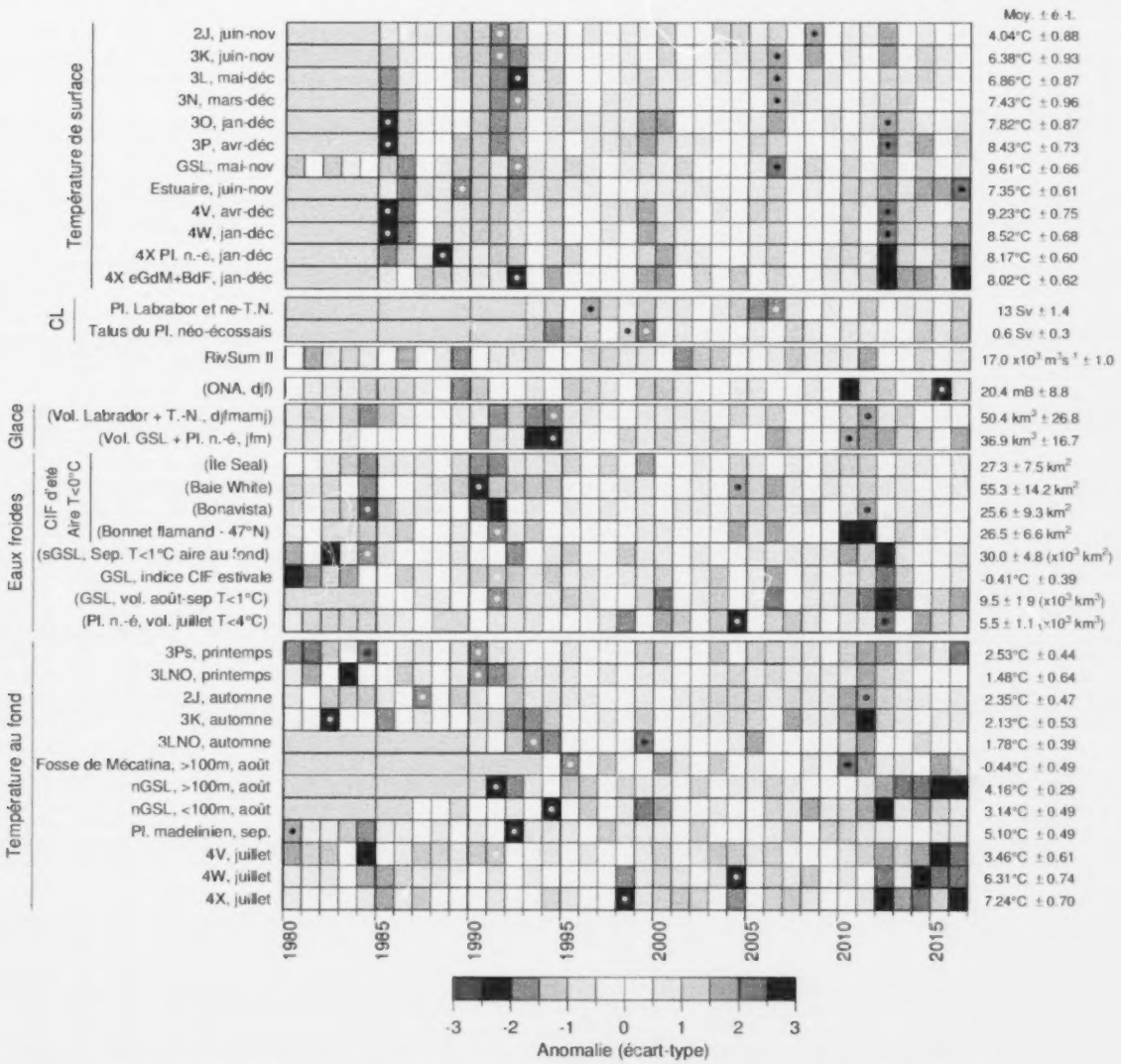

Figure 7. Séries temporelles (de 1980 à 2016) des variables océanographiques. Une cellule grise indique une donnée manquante, une cellule blanche une valeur entre 0,5 écart-type de la moyenne à long terme calculé, lorsque possible, sur les données de 1981 à 2010. Les cellules rouges indiquent des conditions plus élevées que la normale, les cellules bleues plus basses que la normale. Les variables dont les noms apparaissent entre parenthèses ont un code de couleur inversé, où le rouge signifie une valeur basse qui correspond à des conditions chaudes. Les teintes plus fortes correspondent aux plus grandes anomalies. Les minimums et maximums des séries temporelles sont indiqués par des étoiles lorsqu'ils surviennent durant la période affichée. Les moyennes et écarts-types sont présentés à droite de la figure. Les températures de surface pour le golfe Saint-Laurent de 1980 à 1984 sont estimées à partir de la température de l'air. RivSumII est le débit d'eau douce combinée s'écoulant dans l'estuaire du Saint-Laurent. (Transport du courant du labrador [CL], Oscillation Nord-Atlantique [ONA], golfe du Saint-Laurent [GSL], Plateau néo-écossais [Pl. n.-é.], sud du golfe du Saint-Laurent [sGSL], nord du golfe du Saint-Laurent [nGSL], couche intermédiaire froide [CIF]).

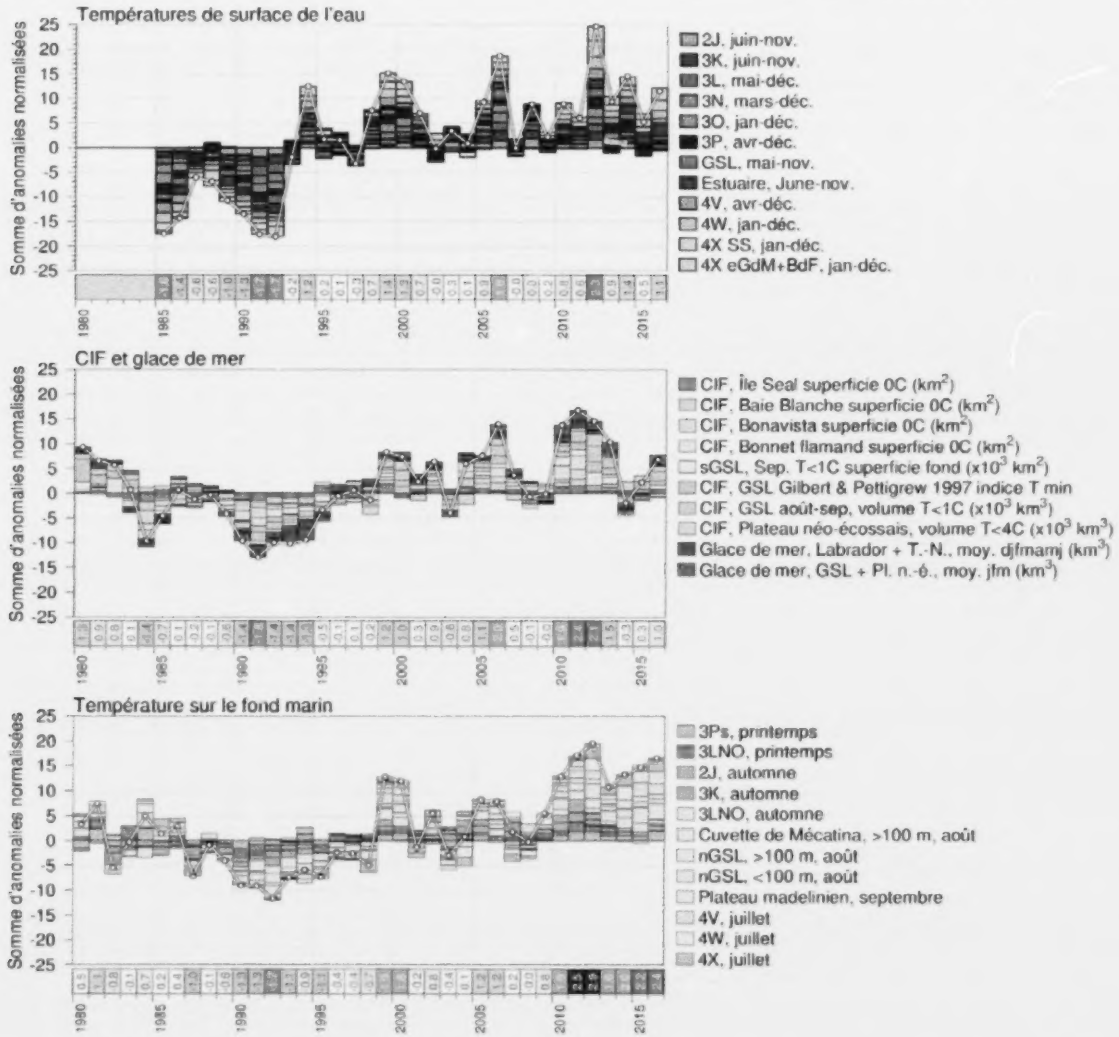

Figure 8. Indices climatiques composites (lignes blanches et symboles blancs) calculés par la somme d'anomalies normalisées provenant de différentes parties de l'environnement (boîtes empilées au-dessus de l'abscisse sont des anomalies positives tandis que celles sous l'abscisse sont négatives). Le panneau du haut somme des anomalies de température de surface de l'eau, celui du milieu somme des anomalies de couches intermédiaires froides et de glace de mer (des anomalies positives représentent ici des conditions chaudes), et le panneau du bas somme des anomalies de température sur le fond.

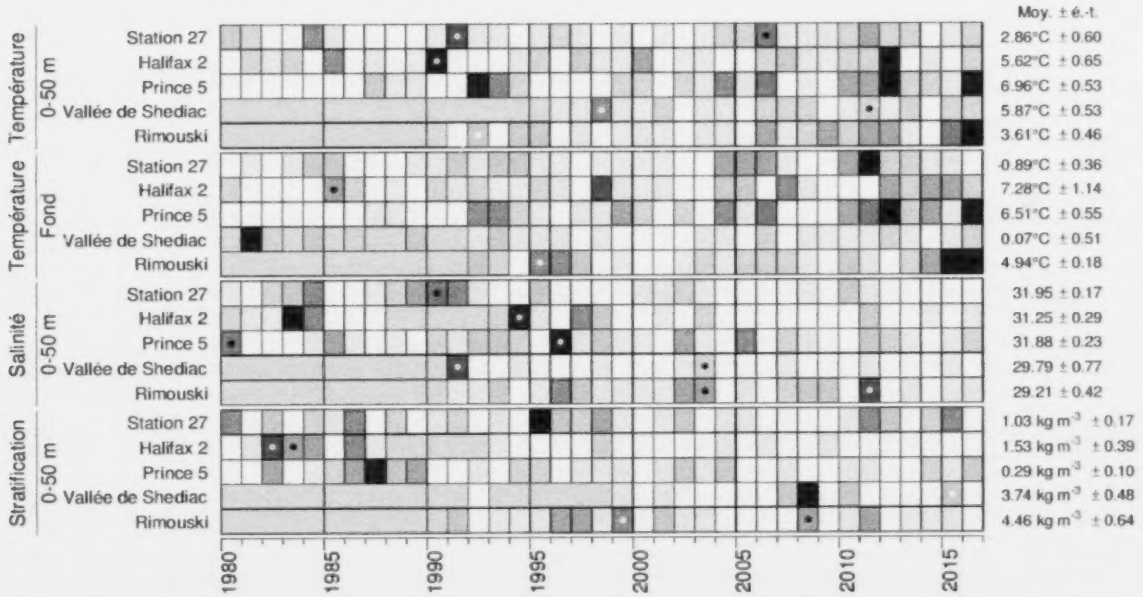

Figure 9. Séries temporelles (de 1980 à 2016) des variables océanographiques aux stations à haute fréquence d'échantillonnage du PMZA. Une cellule grise indique une donnée manquante, une cellule blanche une valeur entre 0,5 écart-type de la moyenne à long terme calculé, lorsque possible, sur les données de 1981 à 2010. Pour la température moyenne sur la profondeur aux stations fixes, les cellules rouges indiquent des conditions plus chaudes que la normale, les cellules bleues plus froides que la normale. Les teintes plus fortes correspondent aux plus grandes anomalies. Pour la salinité et la stratification, le rouge correspond aux conditions au-dessus de la normale. Les minimums et maximums des séries temporelles sont indiqués par des étoiles lorsqu'ils surviennent durant la période affichée. Les moyennes et écarts-types climatologiques sont présentés à droite de la figure. La palette est telle qu'aux figures 6 et 7.

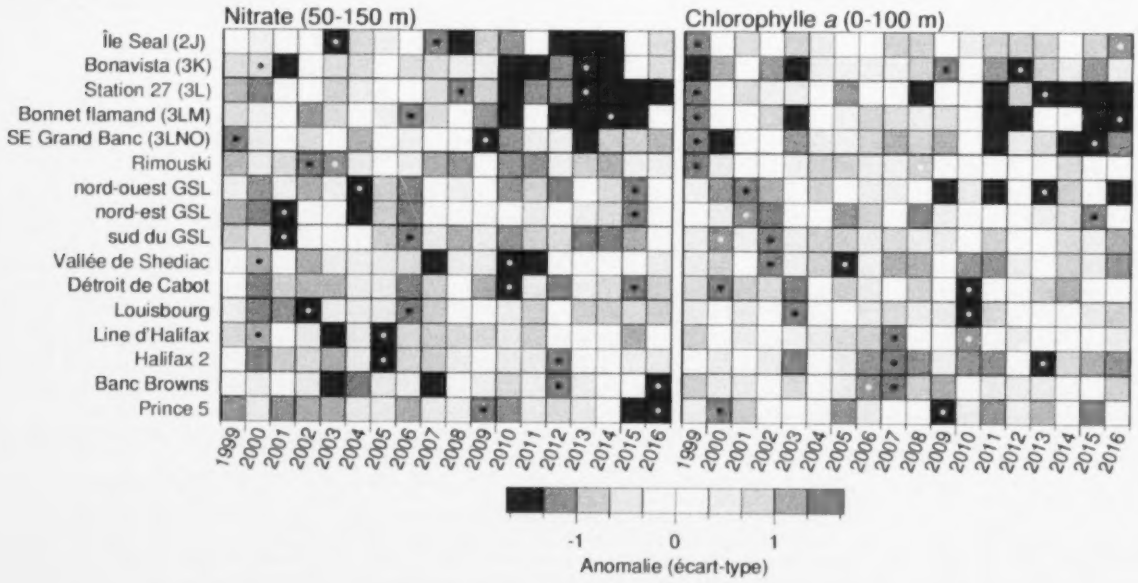

Figure 10. Séries temporelles (de 1999 à 2016) des inventaires de nitrates dans la couche profonde (50-150 m) et de l'abondance du phytoplancton en surface (exprimé par la concentration moyenne de chlorophylle a entre 0 et 100 m) sur les transects (identifiés en rouge à la figure 2) et stations à haute fréquence (identifiées en noir à la figure 2) du PMZA. Une cellule grise indique une donnée manquante, une cellule blanche une valeur entre 0,5 écart-type de la moyenne à long terme calculée sur les données de 1999 à 2010. Les cellules rouges indiquent des conditions plus élevées que la normale, les cellules bleues sous la normale. Les teintes plus fortes correspondent à de plus grandes anomalies. Les minimums et maximums des séries temporelles sont indiqués par des étoiles; notez le changement de la palette de couleur.

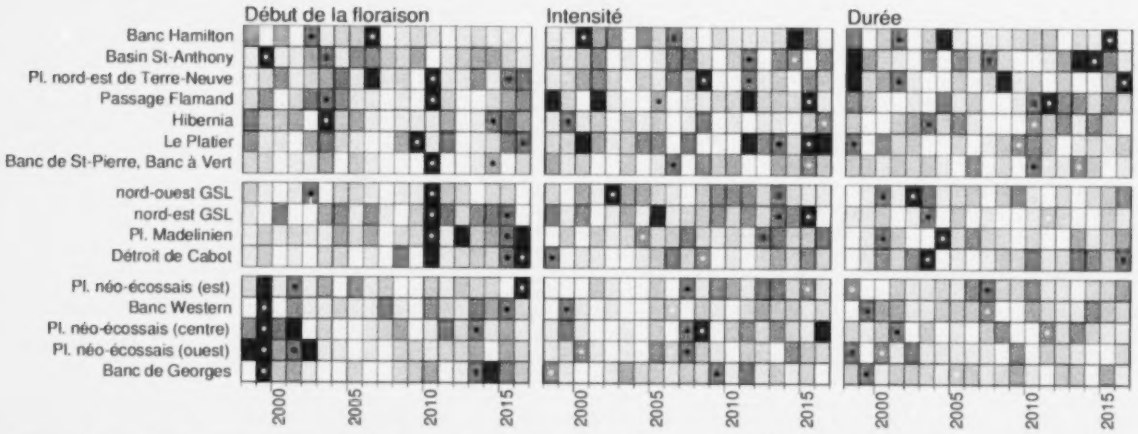

Figure 11. Séries temporelles (de 1998 à 2016) d'anomalies de paramètres de la floraison phytoplanctonique (début, intensité et durée). Données de SeaWIFS pour la période 1998-2008, MODIS pour al période 2099-2011 et VIIRS par la suite. Les minimums et maximums des séries temporelles sont indiqués par des étoiles. Vois la figure 3 pour les définitions des régions. La palette est telle qu'à la figure 10.

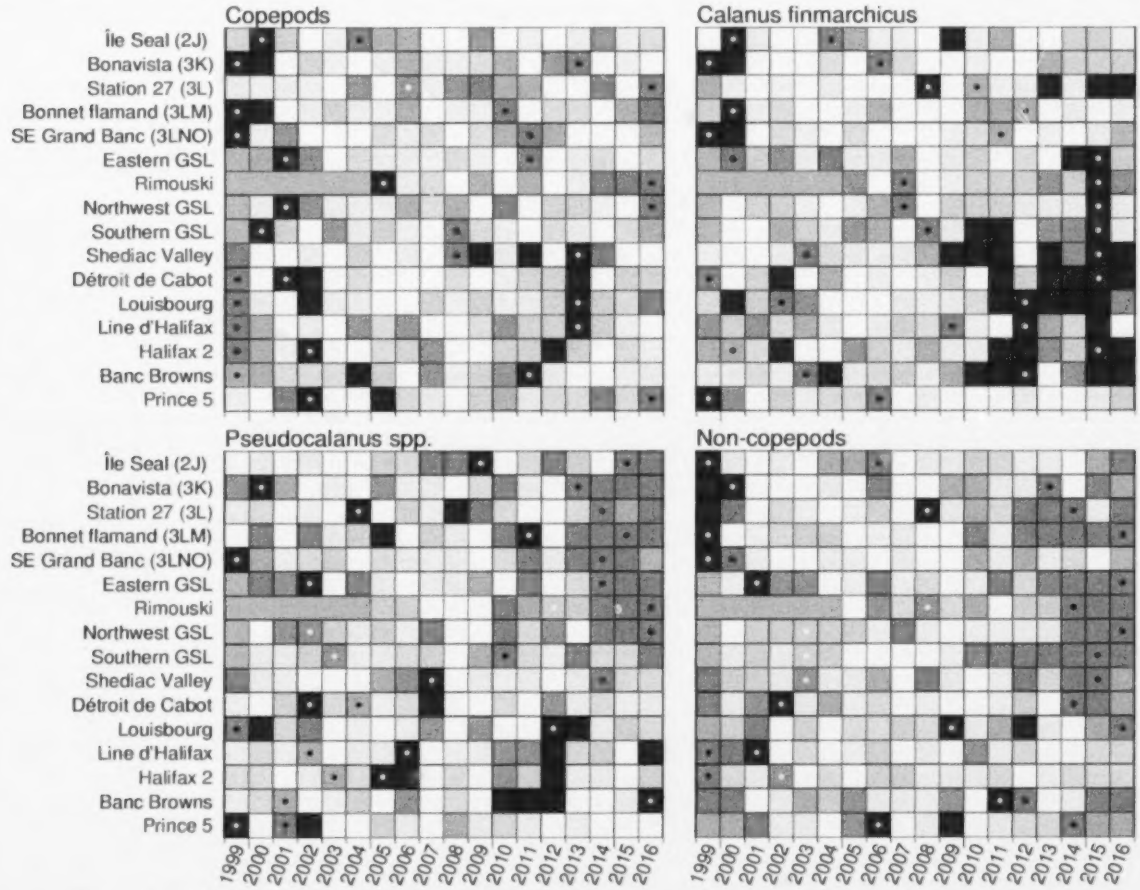

Figure 12. Séries temporelles (de 1999 à 2016) des copépodes, Calanus finmarchicus, Pseudocalanus spp. et des zooplanctons autres que les copépodes. Une cellule grise indique une donnée manquante, une cellule blanche une valeur entre 0,5 écart-type de la moyenne à long terme calculée sur les données de 1999 à 2010. Les cellules rouges indiquent des conditions plus élevées que la normale, les cellules bleues sous la normale. Les teintes plus fortes correspondent à de plus grandes anomalies. Les minimums et maximums des séries temporelles sont indiqués par des étoiles. La palette est telle qu'à la figure 10.

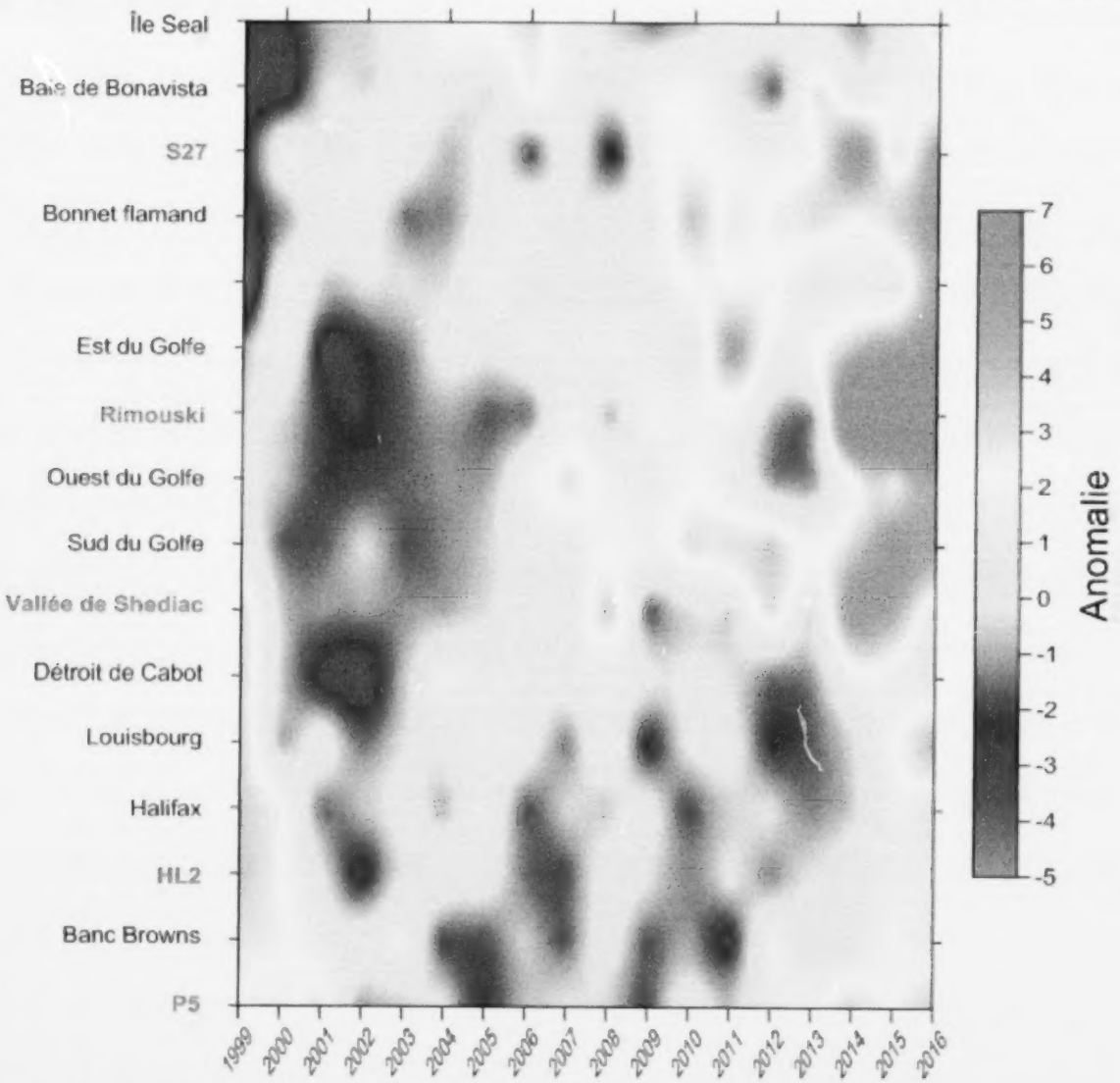

Figure 13. Illustration schématique des anomalies totales d'abondance des copépodes et des non-copépodes sur les sections océanographiques et les stations fixes (indiquées en rouge à gauche); le bleu indique des abondances sous la normale (1999-2010) alors que le rouge indique des abondances au-dessus de la normale.

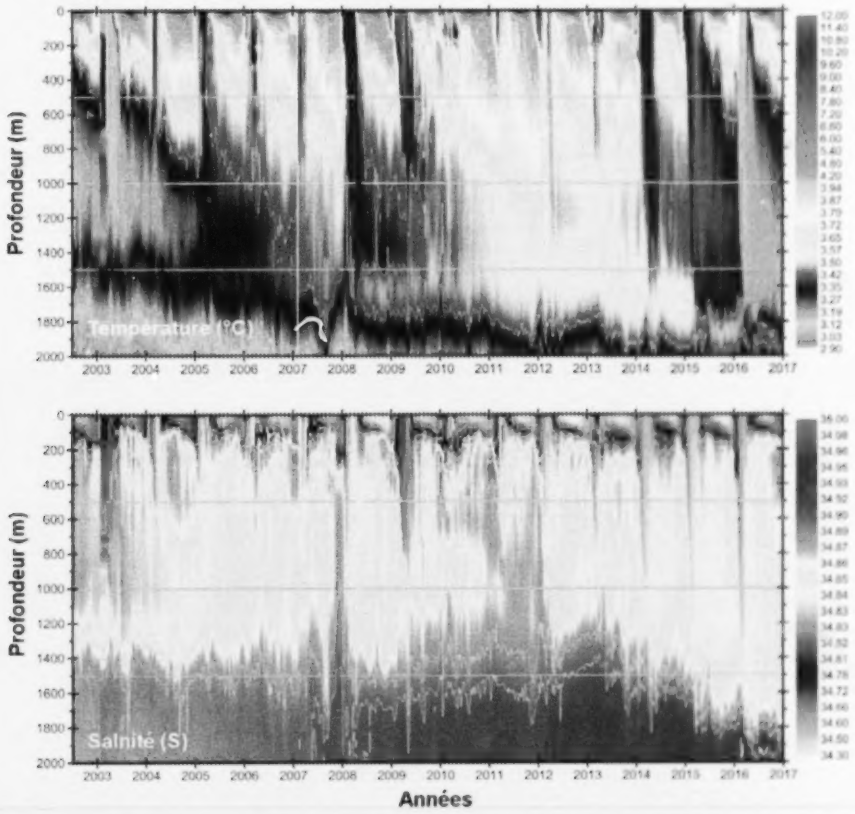

Figure 14. Évolution temporelle de (haut) la salinité et (bas) la température dans la mer du Labrador (ouest à centre), telle que dérivée par les profileurs Argo durant la période 2002-16.

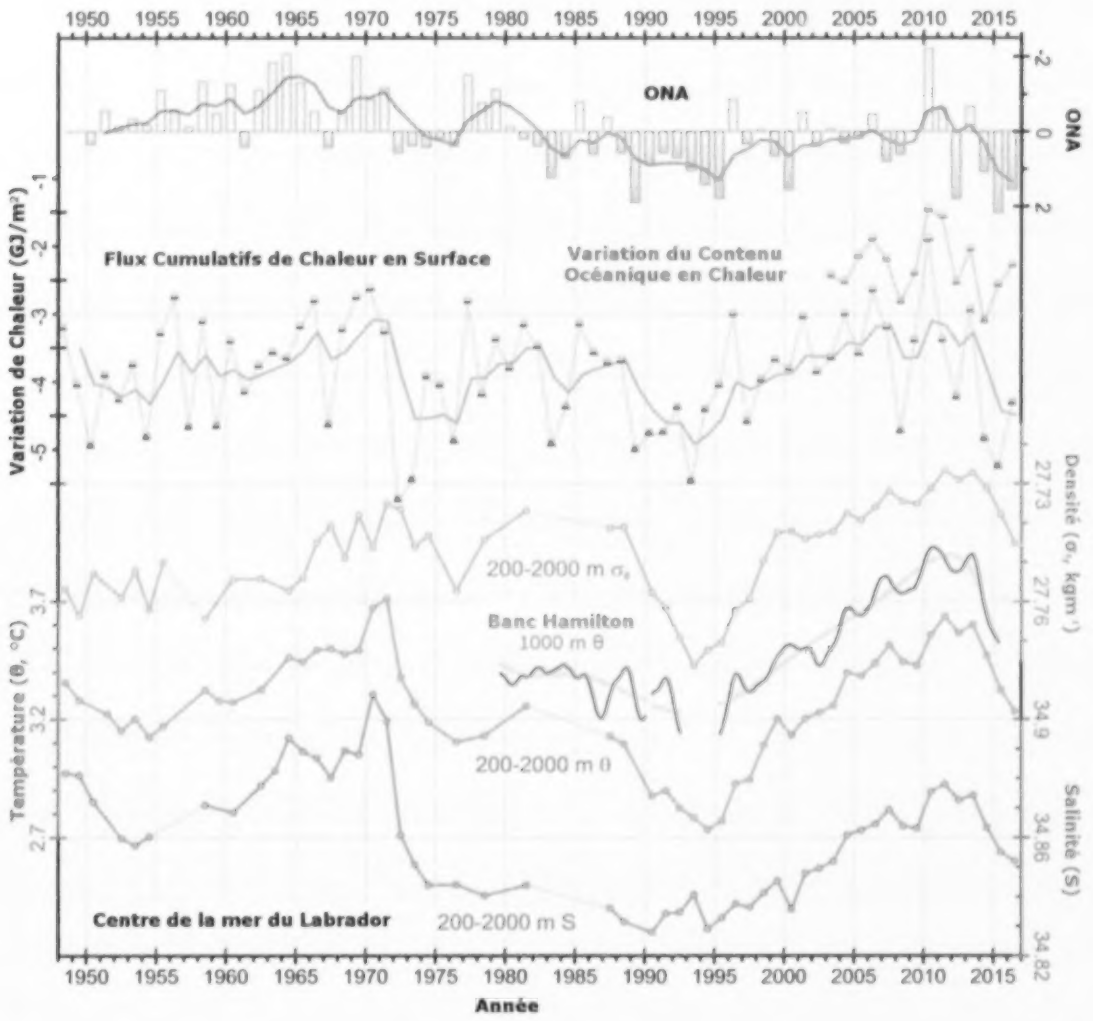

Figure 15. Principaux indices climatiques pour la mer centrale du Labrador depuis 1948. Le graphique supérieure montre l'indice NAO d'hiver normalisé (échelle inversée). Les deux prochaines séries chronologiques représentent des changements de chaleur dans la mer centrale du Labrador au cours de chaque saison de refroidissement annuelle: d'abord, la variation de la teneur en chaleur de l'océan au cours de chaque saison de refroidissement océanique de l'ère Argo (2003-présent; ce qui fournit une couverture de toutes saisons) en fonction des profils de température (rouge) et, deuxièmement, le changement déduit du flux cumulatif de chaleur de surface calculé à partir des données des Centres nationaux de prévision environnementale (bleu) et la valeur d'un filtre à cinq points (ligne continue avec valeur tracée à la dernière année de chaque période). Les quatre courbes inférieures sont des estimations de la densité annuelle (σ_0, référencée à la surface, échelle inversée), la température moyenne (θ) et la salinité (S) moyenne sur l'intervalle de 200-2000 m dans la mer centrale du Labrador, et la température de courantomètres placé à environ 1000 mètres de profondeur à l'est du Banc de Hamilton

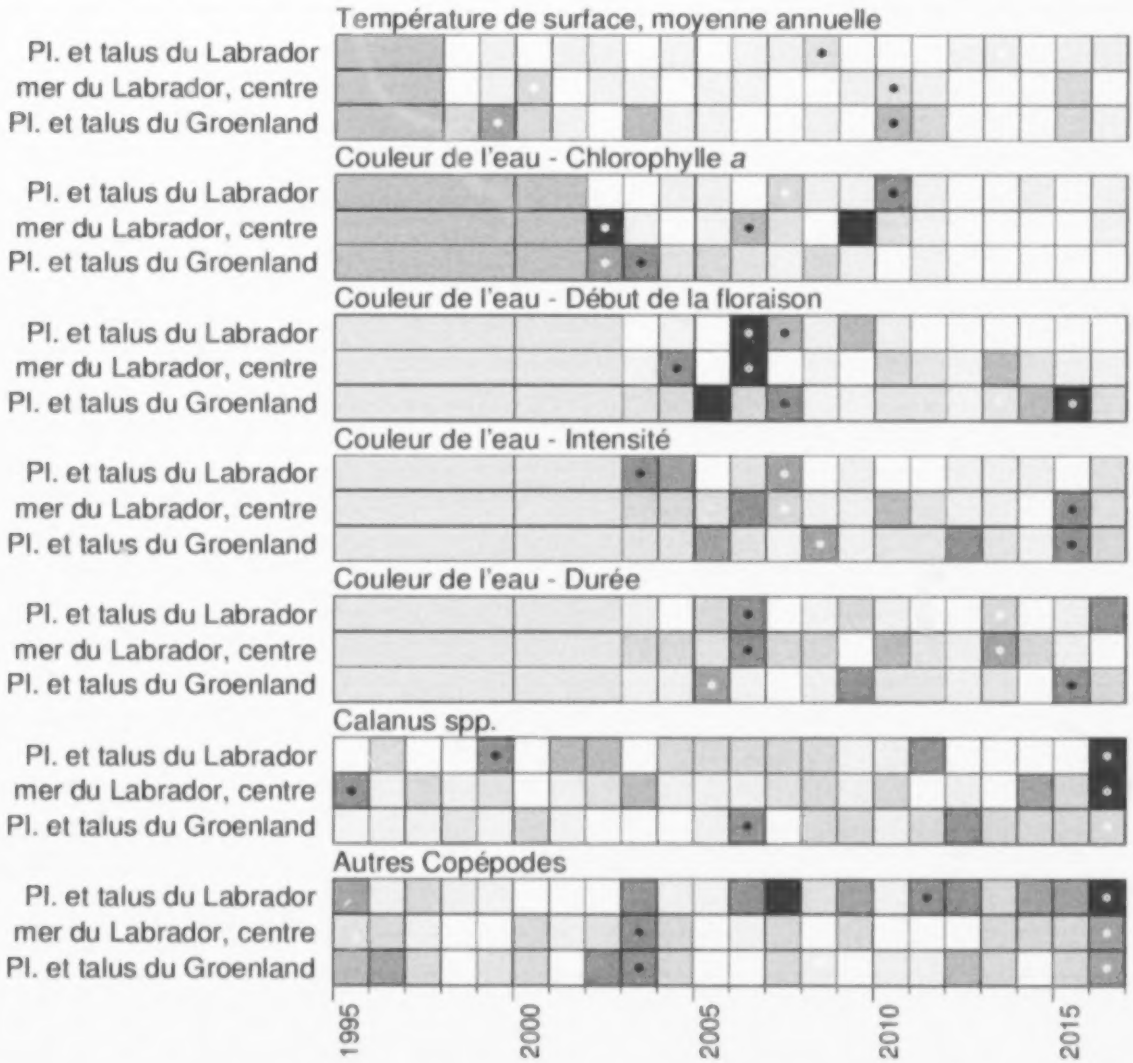

Figure 16. Pour la région de la mer du Labrador, les anomalies annuelles normalisées de télédétection SST intégré sur une grande échelle spatiale. Blooms paramètres (début de la floraison, l'ampleur et la durée) proviennent entièrement de la télédétection. les données zooplancton représentent des anomalies des estimations de l'abondance recueillies en Mai / Juin le long de la ligne de AR7W entre 1995 et 2016. La palette est telle qu'à la figure 10.

CE RAPPORT EST DISPONIBLE AUPRÈS DU :

Centre des avis scientifiques (CAS)
Région de Terre-Neuve-et-Labrador
Pêches et Océans Canada
C. P. 5667
St. John's (Terre-Neuve-et-Labrador) A1C 5X1

Téléphone : 709-772-3332
Courriel : DFONLCentreforScienceAdvice@dfo-mpo.gc.ca
Adresse Internet : www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/

ISSN 1919-5117
© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2017

La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2017. Conditions océanographiques dans la zone atlantique en 2016. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2017/031.

Also available in English:

DFO. 2017. Oceanographic conditions in the Atlantic zone in 2016. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2017/031.